

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по химии 11 класс
2019-2020 учебный год**

Общее время выполнения работы – 5 часов.

Общие указания: если в задаче требуются расчёты, они обязательно должны быть приведены в решении. Ответ, приведённый без расчётов или иного обоснования, не засчитывается. Используйте Периодическую таблицу химических элементов, таблицу растворимости и непрограммируемый калькулятор.

Максимальное количество баллов – 60 баллов

Задание 11-1. (14 баллов)

Электролизу подвергли 5,1%-ный раствор нитрата серебра массой 1000 г. При этом на катоде выделилось 10,8 г вещества. Затем в электролизер добавили 500 г 13,5% -ного раствора хлорида меди (II) и раствор снова подвергли электролизу до выделения на аноде 8,96 л (н. у.) газа. Каковы массовые доли веществ в конечном растворе?

Решение:

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
1. Составлено уравнение электролиза раствора нитрата серебра: $4\text{AgNO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{Ag} + \text{O}_2 + 4\text{HNO}_3$	1
2. Рассчитаны количество вещества AgNO_3 в исходном растворе ($\nu_{\text{исх.}}$), подвергшегося электролизу ($\nu_{\text{израсх.}}$) и оставшегося в растворе ($\nu_{\text{ост.}}$): $\nu_{\text{исх.}}(\text{AgNO}_3) = 1000 \cdot 0,051 / 170 = 0,3$ моль $\nu_{\text{израсх.}}(\text{AgNO}_3) = \nu(\text{Ag}) = 10,8 / 108 = 0,1$ моль $\nu_{\text{ост.}}(\text{AgNO}_3) = 0,3 - 0,1 = 0,2$ моль	1 1 0,5
3. Записано уравнение реакции взаимодействия AgNO_3 с добавленным хлоридом меди (II): $2\text{AgNO}_3 + \text{CuCl}_2 = 2\text{AgCl}\downarrow + \text{Cu}(\text{NO}_3)_2$	1
4. Рассчитано количество вещества CuCl_2 , который был добавлен к раствору AgNO_3 , прореагировал с AgNO_3 и остался в растворе после реакции: $\nu_{\text{исх.}}(\text{CuCl}_2) = 500 \cdot 0,135 / 135 = 0,5$ моль $\nu(\text{CuCl}_2) = 0,5\nu(\text{AgNO}_3) = 0,5 \cdot 0,2 = 0,1$ моль $\nu_{\text{ост.}}(\text{CuCl}_2) = 0,5 - 0,1 = 0,4$ моль	1 0,5 0,5
5. Составлено уравнение электролиза хлорида меди (II): $\text{CuCl}_2 = \text{Cu} + \text{Cl}_2$ Предположим, что при электролизе разложился весь хлорид меди (II), т.е. 0,4 моль. При этом образуется 0,4 моль хлора. Определим объем газа (н. у.): $V(\text{Cl}_2) = 0,4 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 8,96 \text{ л}$. Это соответствует условию задачи, значит, другие электролитические процессы (электролиз $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, H_2O) не происходили.	0,5 1 1

6. Вычислена масса и количество веществ, находящихся в растворе после второго электролиза: $v(\text{HNO}_3) = v_{\text{израсх.}}(\text{AgNO}_3) = 0,1 \text{ моль}$ $m(\text{HNO}_3) = 0,1 \text{ моль} \cdot 63 \text{ г/моль} = 6,3 \text{ г}$ $v(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 0,5v(\text{AgNO}_3) = 0,1 \text{ моль}$ $m(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 188 \text{ г/моль} \cdot 0,1 \text{ моль} = 18,8 \text{ г}$	0,5 0,5 0,5 0,5
7. Рассчитаны масса раствора и массовые доли веществ в нем: $m(\text{p-ра}) = 1000 + 500 - m(\text{Ag}) - m(\text{O}_2) - m(\text{AgCl}) - m(\text{Cu}) - m(\text{Cl}_2);$ $m(\text{p-ра}) = 1500 - 10,8 - (0,025 \cdot 32) - (0,2 \cdot 143,5) - (0,4 \cdot 64) - (0,4 \cdot 71) = 1405,7 \text{ г}$ $\omega(\text{HNO}_3) = 6,3 / 1405,7 \cdot 100 \% = 0,45 \%$ $\omega(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 18,8 / 1405,7 \cdot 100 \% = 1,34 \%$	2 0,5 0,5
Максимальный балл	14

Задание 11-2. (16 баллов)

1. Элемент X, который образует соединения во многих степенях окисления, может быть получен в виде простого вещества при прокаливании в электрической печи кальциевой соли, содержащей этот элемент, с коксом и кварцевым песком. Образующиеся при этом пары элемента X конденсируются при пропускании их через воду, образуя реакционноспособную аллотропную модификацию.
2. Наиболее важное из соединений элемента X с водородом образуется при действии X на крепкие растворы щелочей. В этих реакциях данное простое вещество диспропорционирует с образованием соединений в степенях окисления -3 и $+1$. Полученное водородное соединение обладает характерным запахом.
3. Простое вещество X сгорает в хлоре, окисляясь до степени окисления $+3$, причем образующееся хлорпроизводное гидролизуется в присутствии влаги.
4. Полученное при хлорировании соединение может окисляться при нагревании в атмосфере хлора дальше.
5. Элемент X образует ряд кислородсодержащих кислот, в которых он обладает различными степенями окисления и степенями гидратации оксида X.
6. Ангидрид X_2O_5 образуется непосредственно при сгорании простого вещества X, однако орто-кислоту получают не при реакции этого оксида с водой, а при взаимодействии кальциевой соли с серной кислотой.
7. Существует ряд солей (например, натриевых), соответствующих замене одного, двух или трех атомов водорода в орто-кислоте на металл. Их водные растворы при равной концентрации солей обладают различной кислотностью (с различными концентрациями в них ионов водорода).

Установите, о каком элементе идет речь. Объясните процессы, упомянутые в условиях задачи. Напишите формулы веществ и уравнения реакций, названных в задаче. При ответе на пункт 7 охарактеризуйте кислотность растворов натриевых солей.

Решение:

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
1. Фосфор получают прокаливанием фосфорита с песком и углем: $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 5\text{C} + 3\text{SiO}_2 = 3\text{CaSiO}_3 + 5\text{CO} + 2\text{P}$ или $2\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 10\text{C} + 6\text{SiO}_2 = 6\text{CaSiO}_3 + 10\text{CO} + \text{P}_4$	1

Пары фосфора конденсируются, и расплавленный фосфор кристаллизуется с образованием кристаллической аллотропной α-модификации белого фосфора.	
2. $P_4 + 3KOH + 3H_2O = PH_3 + 3KH_2PO_2$	1
3. $P_4 + 6Cl_2 = 4PCl_3$ $PCl_3 + 3H_2O = H_3PO_3 + 3HCl$ PCl ₃ «дымит» на воздухе, поскольку его пары гидролизуются парами воды с образованием тумана H ₃ PO ₃ и HCl.	0,5 1 0,5
4. $PCl_3 + Cl_2 = PCl_5$ $PCl_5 + H_2O = POCl_3 + 2HCl$ или $PCl_5 + 4H_2O = H_3PO_4 + 5HCl$	0,5 1
5. Существует ряд кислородсодержащих кислот фосфора: H ₃ PO ₂ фосфорноватистая; H ₃ PO ₄ ортофосфорная; H ₃ PO ₃ ортофосфористая; H ₄ P ₂ O ₇ дифосфорная (пирофосфорная); H ₄ P ₂ O ₅ дифосфористая; HPO ₂ метафосфористая; HPO ₃ метафосфорная; H ₄ P ₂ O ₆ фосфорноватая. (8 б - 0,5 за каждую формулу и 0,5 за каждое название)	8
6. $4P + 5O_2 = 2P_2O_5$ $Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2SO_4 = 3CaSO_4 + 2H_3PO_4$	0,5 1
7. $NaH_2PO_4 \rightarrow Na_2HPO_4 \rightarrow Na_3PO_4$ слабокислая среда → щелочная среда	1
Максимальный балл	16

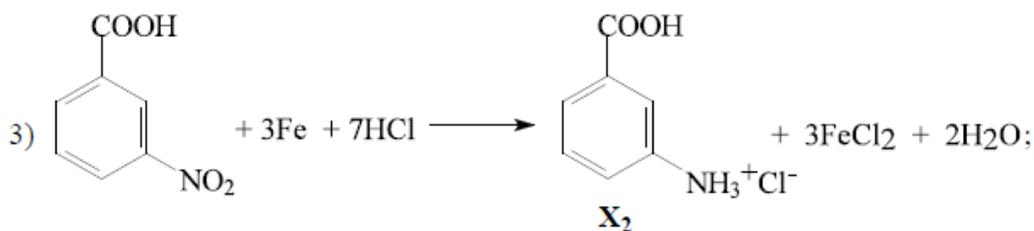
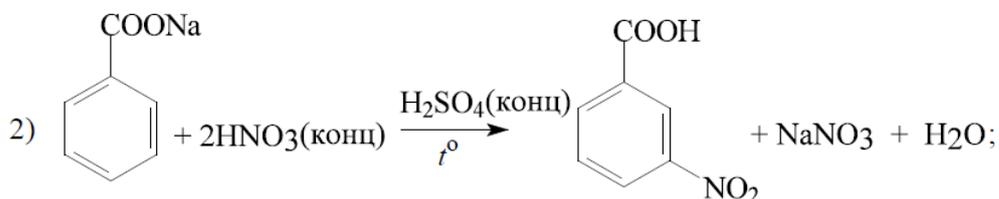
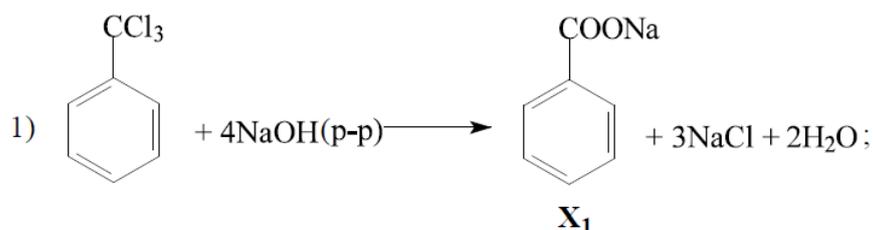
Задание 11-3. (12 баллов)

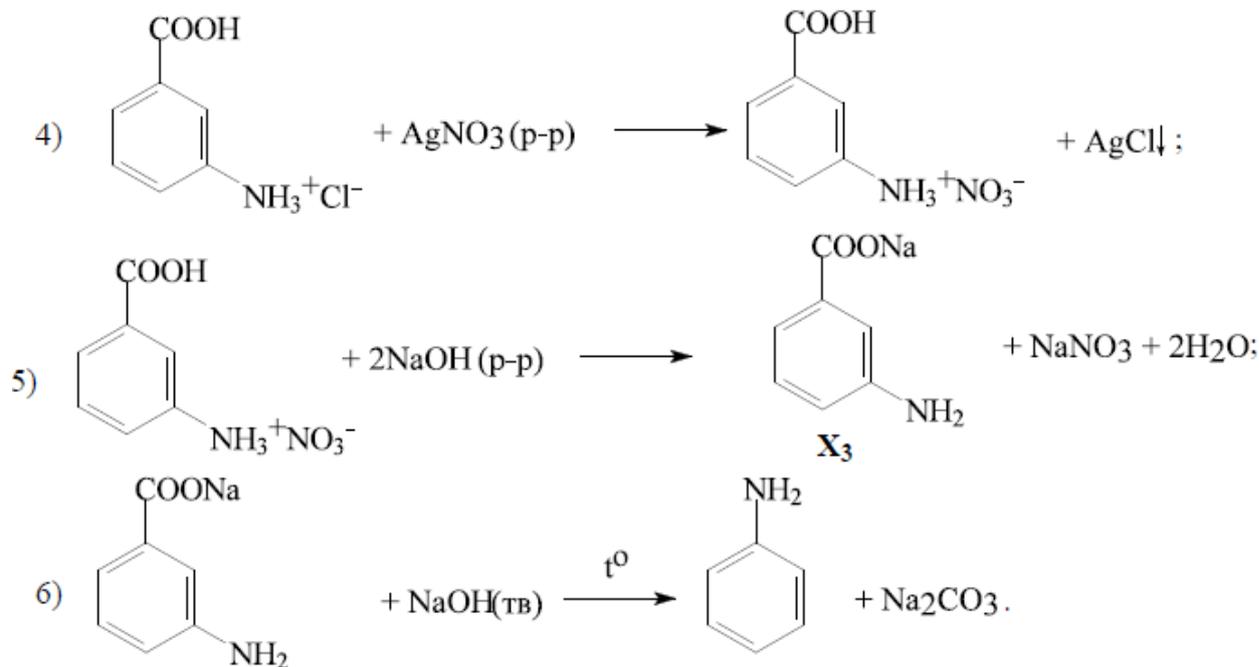
Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей последовательности превращений:



Приведите структурные формулы веществ и укажите условия протекания реакций.

Решение:





Система оценивания:

За каждое верно написанное уравнение реакции по 2 балла.

Всего: 12 баллов.

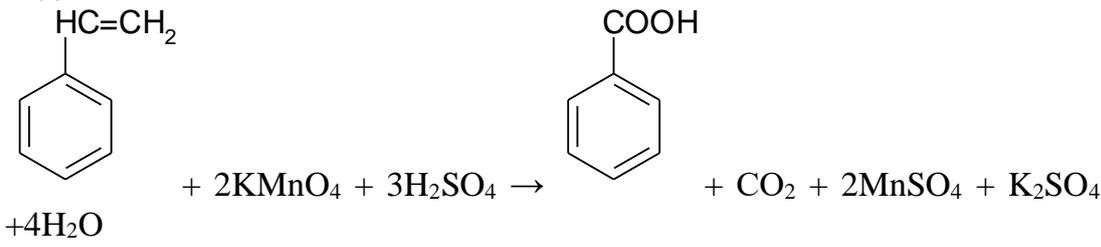
Задание 11-4. (10 баллов)

Небольшой кусочек пластикового одноразового стаканчика нагрели без доступа воздуха до 400°C. В результате нагревания был получен углеводород X (содержание углерода 92,26% по массе, плотность его паров по кислороду 3,25). Известно, что при окислении углеводорода X раствором перманганата калия в кислой среде в качестве единственного органического продукта образуется бензойная кислота.

1. Рассчитайте молекулярную формулу X.
2. Приведите структурную формулу и название углеводорода X. Как называется исходный полимер?
3. Напишите уравнение реакции (со всеми продуктами и стехиометрическими коэффициентами) окисления углеводорода X раствором перманганата калия, подкисленного серной кислотой.

Решение:

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
1. $M_r(X) = 3,25 \cdot 32 = 104$ а.е.м. Найдем молекулярную формулу углеводорода X: $C : H = 0,9226/12 : 0,0774/1 = 1 : 1$, CH – элементарная формула С учетом молекулярной массы получаем C_8H_8 – истинная формула	1 1 1
2. Поскольку при окислении углеводорода X раствором перманганата калия в кислой среде в качестве единственного органического продукта образуется бензойная кислота (C_6H_5COOH), то его молекула содержит в своем составе бензольное кольцо с одним заместителем. Вычитая из брутто-формулы C_8H_8 фрагмент C_6H_5 , получаем заместитель C_2H_3 . Единственно возможный вариант заместителя – винил, а углеводород X – стирол (винилбензол).	2
Следовательно, полимер, из которого был изготовлен одноразовый	2

стаканчик – полистирол.	1
3. Уравнение реакции окисления стирола раствором KMnO_4 , подкисленного H_2SO_4 : 	2
Все элементы ответа записаны неверно	0
Максимальный балл	10

Задание 11-5. (8 баллов)

Какие два реагента вступили в реакцию, если получились следующие вещества (приведены все продукты реакций без стехиометрических коэффициентов). Запишите уравнения реакций и расставьте коэффициенты:

- 1) ... $\rightarrow \text{Ca}(\text{NO}_2)_2 + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 2) ... $\rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 3) ... $\rightarrow \text{NaAlO}_2 + \text{CO}_2$
- 4) ... $\rightarrow \text{P}_2\text{O}_5 + \text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{O}_2$
- 5) ... $\rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{NH}_3$
- 6) ... $\rightarrow \text{Li}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2$
- 7) ... $\rightarrow \text{KCl} + \text{KClO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- 8) ... $\rightarrow \text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3 + \text{CO}_2 + \text{KOH} + \text{H}_2$

Решение:

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
1) $2\text{Ca}(\text{OH})_2 + 4\text{NO}_2 = \text{Ca}(\text{NO}_2)_2 + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	1
2) $\text{Cu}_2\text{S} + 14\text{HNO}_3 = 2\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + 10\text{NO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	1
3) $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = 2\text{NaAlO}_2 + \text{CO}_2 \uparrow$	1
4) $\text{P}_2\text{O}_3 + 4\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 = \text{P}_2\text{O}_5 + 4\text{K}_2\text{CrO}_4 + 2\text{Cr}_2\text{O}_3 + 2\text{O}_2$	1
5) $\text{Mg}_3\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = 3\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{NH}_3 \uparrow$ или $\text{Mg}(\text{NH}_2)_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{NH}_3 \uparrow$	1
6) $2\text{Li}_2\text{O}_2 + 2\text{CO}_2 = 2\text{Li}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2$	1
7) $6\text{KOH}_{(\text{горяч.})} + 3\text{Cl}_2 = 5\text{KCl} + \text{KClO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$	1
8) $2\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOK} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{электролиз}} \text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3 + 2\text{CO}_2 + 2\text{KOH} + \text{H}_2$	1
Максимальный балл	8